



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11068225 A**

(43) Date of publication of application: 09.03.99

(51) Int. Cl. **H01S 3/18**

(21) Application number: 09221444

(22) Date of filing: 18.08.97

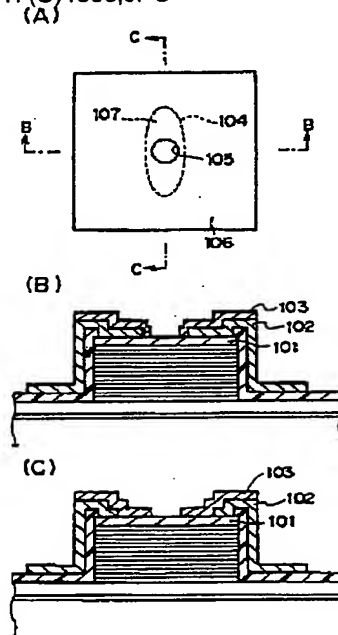
(71) Applicant: **FUJI XEROX CO LTD**(72) Inventor: **OTOMA HIROKI****(54) SURFACE LIGHT EMITTING TYPE SEMICONDUCTOR LASER****(57) Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a surface light emitting type semiconductor laser device which can make a beam profile circular while stabilizing polarizing direction or can control the beam profile independently of polarization control.

SOLUTION: A surface light emitting type semiconductor laser device of a vertical resonator type has an active layer, a spacer layer, a reflection mirror constituted of a semiconductor multilayered film, a contact layer and an electrode. In the above surface light emitting type semiconductor laser device, an ohmic electrode region 102 wherein the electrode forms a flat or rectangular aperture part 104, and a Schottky electrode region 103 which is positioned in the aperture part 104 of the ohmic electrode region 102, whose area is smaller than the aperture part of the ohmic electrode region 102 and which forms an aperture part 105 having a different shape from the shape of the aperture part 104 are arranged. The ohmic electrode region 102 and the Schottky electrode region 103 may be formed of different electrode materials, or may be formed by using the same electrode material, previously diffusing impurities in a semiconductor layer adjacent to the electrode material,

and forming a region whose carrier concentration is high, or forming a region different in band gaps on a semiconductor layer.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-68225

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月9日

(51) Int.Cl.⁸

H01S 3/18

識別記号

F I

H01S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号

特願平9-221444

(22) 出願日

平成9年(1997) 8月18日

(71) 出願人 000005496

富士ゼロックス株式会社

東京都港区赤坂二丁目17番22号

(72) 発明者 乙間 広己

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン

テクなかい 富士ゼロックス株式会社内

(74) 代理人 弁理士 中島 淳 (外4名)

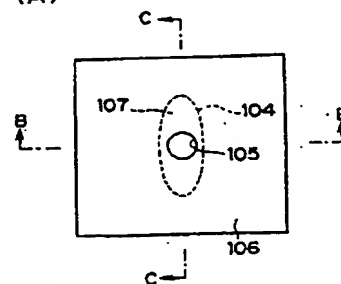
(54) 【発明の名称】 面発光型半導体レーザ

(57) 【要約】

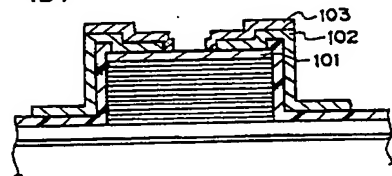
【課題】 偏光方向を安定させつつビームプロファイルを円形とすること、または、ビームプロファイルを偏光制御と独立に制御可能な面発光型半導体レーザ装置を提供する。

【解決手段】 半導体基板上に活性層とスペーサ層と半導体多層膜による反射鏡とコンタクト層と電極とを有する垂直共振器型の面発光型半導体レーザ装置において、該電極が扁平形状または矩形形状の開口部104を形成したオーミック電極領域102と、該オーミック電極領域102の開口部104内に位置し、前記オーミック電極領域102の開口部より面積が小さく、且つ、異なる形状の開口部105を形成したショットキー電極領域103とを有する。オーミック電極領域とショットキー電極領域とは、異なる電極材料により形成してもよく、同じ電極材料により形成し、電極材料と隣接する半導体層に予め不純物拡散を行ってキャリア濃度を高濃度とする領域を形成したり、半導体層にバンドギャップの異なる領域を形成することにより、オーミック電極領域とショットキー電極領域とを形成してもよい。

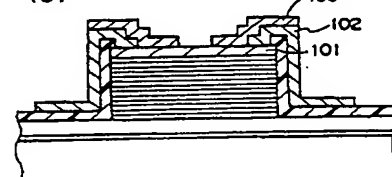
(A)



(B)



(C)



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第一の導電型の半導体基板上に下部分布ブラッグ反射鏡、第一の導電型のバッファ層、活性層、第二の導電型の半導体多層膜による反射鏡及び第二の導電型のコンタクト層が備えられ、電極を有する垂直共振器型の面発光型半導体レーザにおいて、

該第二の導電型のコンタクト層上に、レーザの発光領域に対応する扁平形状の開口部を形成したオーミック電極領域が形成され、さらに、その上部に該オーミック電極領域の開口部内の発光領域に位置し、オーミック電極領域の開口部より面積が小さく、且つ、異なる形状の開口部を形成したショットキー電極領域が形成されることを特徴とする垂直共振器型の面発光型半導体レーザ。

【請求項2】 前記オーミック電極領域とショットキー電極領域を、異なる電極材料により形成することを特徴とする請求項1に記載の面発光型半導体レーザ。

【請求項3】 前記オーミック電極領域とショットキー電極領域とを同じ電極材料により形成し、該電極材料直下層にある半導体コンタクト層の所定部分に予め不純物拡散を行ってキャリア濃度を高濃度とする領域と、不純物拡散を行なわない領域とを形成し、その上部に該電極材料を積層することにより不純物拡散領域に対応する領域にオーミック電極領域を、不純物拡散を行なわない領域に対応する領域にショットキー電極領域を形成することを特徴とする請求項1に記載の面発光型半導体レーザ。

【請求項4】 前記オーミック電極領域とショットキー電極領域とを同じ電極材料により形成し、該電極材料直下層にある半導体層に、バンドギャップの異なる領域を形成し、該電極材料を積層することにより、オーミック電極領域とショットキー電極領域とを形成することを特徴とする請求項1に記載の面発光型半導体レーザ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光伝送や光情報処理、あるいは、感光体ドラムに静電潜像を書き込む光源として使われる面発光型半導体レーザに関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、論理回路素子間の情報伝達的手段として、伝送速度の飛躍的な向上を目指した光インターコネクションの研究が進められている。その並列光源として、発光素子を高密度に2次元に配列可能な面発光レーザ (Vertical Cavity Surface Emitting Laser: 以下、適宜、VCSELと称する) が注目されている。VCSELに関しては、伊賀らにより先駆的な研究がなされており、1988年発行のIEEEジャーナルオブクアンタムエレクトロニクス (IEEE Journal of Quantum Electronics) 第24巻1845ページにまとめられている。また、半導体多層膜ミラーを

有するVCSELアレイの報告が、1991年にJweilらによりIEEE Journal of Quantum Electronics第27巻1332ページにまとめられている。

【0003】 VCSEL単体の構造は図5で示すように、半導体基板501の水平面に対して垂直方向に共振器502を有し、該共振器は、キャリアを閉じこめ光を発生させる活性層503と、半導体多層膜による上部反射ミラー (上部DBRミラー) 504と下部反射ミラー (下部DBRミラー) 505、活性層で発光した光の位相を各反射ミラーの端部で整合させるスペーサー層506からなる。共振器外の部分として、層間絶縁膜510、上部コンタクト層507、電流注入するとともにレーザの出射口511として機能する上部電極508、下部電極509が構成要素となる。

【0004】 作製方法としては、GaAs等III-V族化合物半導体のバルク結晶を基板とし、有機金属気相成長法 (Metal Organic Chemical Vapor Phase Epitaxy: MOVPE) により、その上層のIII-V族化合物半導体薄膜を順次エピタキシャル成長させ積層してゆく。レーザ発振させるためには、基板と水平方向で電流狭窄構造を作り、電流広がりを抑え活性層に効率よく電流を注入させる必要がある。電流狭窄の方法としては、図4で示したようにエッチングにより上部電極から活性層までを細い柱状 (ポスト) 構造とする方法や、プロトン注入により活性層の一部または活性層上部の一部を高抵抗化する方法、あるいは、AlAs層の酸化層を用いて電流経路を限定する方法などが上げられる。

【0005】 VCSELを実際の各システムの光源として用いる場合、レーザ光の偏光方向やレーザ出射光の出射面上での強度分布、すなわち、ニアフィールドパターン (NFP) について以下に示すような特性が要求される。例えば、光インターコネクションの発光素子としてVCSELを使用する場合は、VCSELと受光素子の間で、また、加入者系光通信システムの光源としてVCSELを使用する場合は、光ファイバーとの間で、それぞれ結合効率を高めるため、出射光の偏光方向を特定の方に規定しておくことが必要である。また、VCSELをレーザプリンタ等に搭載されているレーザスキャナーの光源として使用する場合にも、スキャナー内部のレンズやミラーの透過率や反射率に偏光依存性があるため、偏光方向を揃えておく必要がある。さらに、NFPを所望の形状に維持することも上記装置の光源の場合重要となる。

【0006】 端面発光レーザでは、共振器断面内の直交する2つの軸は、一つが半導体基板の垂直方向であり、他方は、半導体基板面と平行な方向である。該半導体基板と垂直な方向のゲイン領域と光ガイド層は、薄膜の積層構造にて限定されるため、薄膜の厚み程度 (1μm以

下)と小さい。一方、該半導体基板面と平行な方向では、ゲイン領域と光ガイド層は、エッチング等の半導体プロセスで作製するため、 $5\mu\text{m}$ 程度の大きさとなる。上記のように端面発光レーザでは、共振器断面の相直交するそれぞれの軸方向のゲイン領域またはガイド層の幅が極端に異なるため、共振する光の偏光方向は、基板面内方向(TEモード)あるいは、基板に垂直な方向(TMモード)のどちらかに固定される。

【0007】一方、VCSELの場合、共振器断面内の直交する2軸は、両方とも同一基板面内の軸であるため、端面発光レーザのように共振器断面内の直交する2軸方向における、ゲイン領域またはガイド領域の大きさに極端な差異をつけることが難しい。つまり、VCSELの場合は、積極的に偏光方向を何らかの手段により規定しない限り各素子での偏光方向がそろわないばかりか、一つの素子において偏光方向のスイッチング現象を起こしたり回転したり不安定に変動する。

【0008】VCSELのレーザ光の偏光方向を一定の方向に規定する方法には、特開平4-144183で示すように、共振器の断面形状を矩形や楕円のように扁平な形状とすることで実現する方法がある。これは、共振器の形状に異方性を持たせることで共振するモードを選択し偏光方向を固定する方法である。また、特開平6-326409で示すように、活性層上部に活性層材料と熱膨張係数の大きく異なる材料によって、面上の直交する方向、例えば、 $\langle 110 \rangle$ 方向と $\langle -110 \rangle$ 方向に大きさの異なる膜を着膜する方法もある。この方法は、扁平な形状で着膜した膜が活性層に及ぼす非対称な応力により、活性層内でのゲインの大きさを方位により異ならしめ、偏光を固定させる方法である。

【0009】しかしながら、前者の断面形状を扁平な形状とする方法では、共振器断面のサイズを $5\mu\text{m}$ 程度の小さなサイズにしなければその効果が現われず、ドライエッチングでこのような小さなサイズの共振器を作製した場合に、逆に側壁での光吸収により光電変換効率が悪化してしまう。また、プラズマダメージにより側壁近傍でのリーク電流が増加したり、エッチングによって発生した欠陥がレーザの寿命を短くする弊害が起きる。一方、後者の大きさの異なる膜を着膜する方法は、歪みによる偏光制御の効果が小さいこと、また、応力の制御自体も難しく、実デバイスでの偏光制御方法としては適さない。

【0010】近年、出射口側の電極からの電流注入量を制御することで偏光方向を一定の方向とする方法が考案されている。例えば、特開平4-242989は、電極の形状に特徴を持たせ、注入する電流を制御することで偏光方向の制御を行っている。電極からの電流注入量を制御する方法において偏光方向を一定にする原理はVCSEL上部DBR層内でのフリーキャリア吸収を利用したものである。このことをVCSELの断面図である図

4(A)で示す。電極開口部を有する電極402からVCSELに注入された電流は、活性層に近づくにつれて拡散し、403のような分布を上部DBR層内に形成する。キャリアのない領域404では、フリーキャリアによる光の吸収が少なく、逆に、キャリアの多い領域403ではフリーキャリアによる光の吸収が多い。このフリーキャリア吸収の少ない領域は電極開口部の大きさ405によって制御される。例えば、楕円形状の開口部により、電極開口部の大きさを電極面内の直交するある1組の方向で異ならせると、上部DBR層内でのフリーキャリア吸収の程度は、図4(A)が、A-A線断面図となる平面図(図4(B))内の406と407で示すように、上部DBR層内の直行する方位間で異ならせることができる。

【0011】このフリーキャリア吸収の方向による違いによって、レーザ光はフリーキャリア吸収の少ない方向に偏光方向が固定される。電極開口部の形状は、楕円以外に矩形としても良い。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記電流注入量を制御するような方法では電極開口部を楕円や矩形といった扁平形状とするためビームプロファイルも開口部形状を反映した扁平形状となってしまう、ビームプロファイルのみを偏光制御と独立に制御することができない。

【0013】実際にそのような要請が以下のような場合にあり得る。VCSELをレーザプリンタ等に搭載されているレーザスキャナの光源として使用する場合、スキャナ内部の光学部品の偏光依存性を顧慮して偏光方向を固定し揃えておくことが必要であり、且つ、ビームプロファイルは、感光材料上のドット形状、強いては画質に深く関係するため、円形であることが望ましい。また、偏光方向を固定する電極開口の形状は、VCSELの上部DBR層の仕様により最適な形状が一義的に決まってしまう。このような場合に、電極アパーチャでビームプロファイルを独立に決定することが不可能である。

【0014】このように、従来の方法では、偏光方向を安定させつつビームプロファイルを円形とすること、または、偏光方向を安定させつつビームプロファイルのみを独立に制御することができない。

【0015】そこで、本発明の目的は、偏光方向を安定させつつビームプロファイルを円形とすること、または、ビームプロファイルを偏光制御と独立に制御可能な面発光型半導体レーザ(VCSEL)を提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明の面発光型半導体レーザは、第一の導電型(例えば、n型)の半導体基板上に下部分布ブラッグ反射鏡、第一の導電型のバッファ層、活性層、第二の導電型(例えば、p型)の半導体

多層膜による反射鏡及び第二の導電型のコンタクト層が備えられ、電極を有する垂直共振器型の面発光型半導体レーザにおいて、該第二の導電型のコンタクト層上に、レーザの発光領域に対応する扁平形状の開口部を形成したオーミック電極領域が形成され、さらに、その上部に該オーミック電極の開口部内の発光領域に位置し、オーミック電極の開口部より面積が小さく、且つ、異なる形状の開口部を形成したショットキー電極領域が形成されることを特徴とする。ここで、第一の導電型とは、n型あるいはp型を指し、第二の導電型とは、第一の導電型と反対の型、第一の導電型がn型である場合、p型を、第一の導電型がp型である場合、n型を指すものであり、いずれを第一の導電型としても、本発明の効果を発現するものである。

【0017】ここで、前記オーミック電極領域とショットキー電極領域とは、異なる電極材料により形成することができる。

【0018】また、前記オーミック電極領域とショットキー電極領域とを同じ電極材料により形成し、該電極材料直下層にある半導体コンタクト層の所定部分に予め不純物拡散を行ってキャリア濃度を高濃度とする領域と、不純物拡散を行なわない領域とを形成し、その上部に該電極材料を積層することにより不純物拡散領域に対応する領域にオーミック電極領域を、不純物拡散を行なわない領域に対応する領域にショットキー電極領域を形成することも可能であり、前記オーミック電極領域とショットキー電極領域を同じ電極材料により形成し、該電極材料直下層にある半導体層に、バンドギャップの異なる領域を形成し、該電極材料を積層することにより、オーミック電極領域とショットキー電極領域とを形成することも可能である。

【0019】

【発明の実施の形態】上記のような構造の電極を有する垂直共振器型の面発光半導体レーザでは、面発光半導体レーザ内の電流分布をコンタクト層とオーミック電極の開口形状で制御し、一方、光のNFPは、ショットキー電極の開口形状で整形することが可能である。図1は、本発明の実施例1の面発光半導体レーザの電極部分を示す。これを用いて本発明の原理を説明する。

【0020】図1は面発光半導体レーザの電極部分の一部断面を有する斜視図である。図2(A)は面発光半導体レーザの電極部分の平面図を示し、図2(B)はそのB-B線断面図、図2(C)はそのC-C線断面図を示す。

【0021】図2(B)、(C)にあるように、コンタクト層101上には、オーミック電極102及びショットキー電極103が形成されている。オーミック電極102の開口部104は、図2(A)に隠れ線で示されるように楕円形状をなしており、ショットキー電極103の開口部は、前記オーミック電極102の開口部104

よりも内部に位置するように、開口部104よりも小さな面積で開口部105が形成されている。

【0022】本態様においては、オーミック電極102の開口部104は楕円形状としたが、この開口部104は、矩形、菱形でもよい。即ち、開口部の平面形状は、角となる部分を有し、直線で構成されるものでも、曲線で構成されるものでもよいが、電流分布を制御するために、扁平形状、即ち長径とそれに直交する径との長さが互いに相違するものであることを要する。扁平形状の目安として、一例を挙げれば、オーミック電極102の開口部104において、長径が $15\mu\text{m}$ 、短径が $7\mu\text{m}$ の扁平形状の開口部は、偏光の安定化が確認できている。

【0023】また、ショットキー電極103の開口部105を円形としたが、円形には限らず、オーミック電極102の開口部104の内部の発光領域に位置し、該開口部104よりも面積が小さく、且つ、該開口部104と異なった形状であったり、システム側で要請される形状であったりする。このショットキー電極の開口部は、オーミック電極領域開口部の中心線上に位置することが好ましい。

【0024】このような構成によれば、オーミック電極がコンタクト層と接している領域106から殆どの電流が注入され、ショットキー電極がコンタクト層と接している領域107からの電流注入量は、電流注入量が前者に比べ相当少ない。したがって、上部DBR層内での電流分布は、ほぼオーミック電極形状で制御されることとなる。しかるに、図3で説明したように、面内方向における扁平な形状の電流分布が、レーザ光の偏光方向を安定化固定化する。さらに、ショットキー電極103で形成された開口部105が円形であることから、レーザ光のNFPは円形となる。したがって、本発明の態様によれば、偏光方向を安定させつつビームプロファイルが円形であるVCSEL、又は、ビームプロファイルを、偏光方向の安定化とは独立に制御可能なVCSELを提供可能となる。

【0025】また、ショットキー電極を光の遮光材として利用すると、斜光材が金属であるためにミラーの反射率が高められるという作用が付与される。さらに、絶縁膜によって電流流入不可能な領域をオーミック電極作製する場合に比べ、電流注入可能な領域との反射波の位相のズレが無く、VCSEL内で共振する光の波面を乱すことがない。図8は、本発明のVCSELを用いたデバイスの電流光出力特性を示すグラフである。また、比較対象のため、層間絶縁膜をコンタクト層と電極材の間に入れるタイプのレーザA、及び、反射しない遮光板を用いてレーザ出射口を規定した場合のレーザBの電流光出力特性を示すグラフを併記した。これらの電流光出力特性のグラフより明らかなように、上記2つの作用により、高効率であり、且つ、低しきい値のVCSELが作製できる効果もあることがわかる。

7

【0026】

【実施例】

(実施例1) 図3に本発明の実施例1の垂直共振器型面発光半導体レーザの断面図を示す。n型GaAs半導体基板301の上面に、n型GaAsバッファ層302が配置され、その上にn型Al_{0.1}Ga_{0.9}As層304と50nm厚のn型Al_{0.1}Ga_{0.9}As層305のペア層を36組積層した下部分布ブラッグ反射鏡(Distributed Bragg Reflector: DBR) 303が備えられている。これらの上部に100nmのアンドープAl_{0.3}Ga_{0.7}Asスペーサー層306と、10nm厚GaAs量子井戸活性層307とを介して、p型Al_{0.1}Ga_{0.9}As層308と50nm厚のp型Al_{0.1}Ga_{0.9}As層309のペア層を36組積層したp型DBR層310が配置されている。311は30nmのp型GaAsコンタクト層であり、該p型コンタクト層311の上部に矩形形状の開口部を有するクロム(Cr)の10nm薄膜層312と前記矩形開口部の内側に位置するような円形の開口形状を有するアルミ(Al)の100nm薄膜層313が備えられ、Cr層312とAl層313の間には、Al層313の円形開口部をふさがぬ形状で300nm厚の金(Au)薄膜層314が形成されている。315は層間絶縁膜である。

【0027】GaAs上に形成された電極は、電極金属の種類により電極特性が大きく変わることが知られている。例えば、AuとCrの積層電極は、特にCrがGaAsとの反応性が高いため、密着度が高く、かつ、金属半導体界面での電荷ポテンシャル障壁が小さいことにより、金属を着膜しただけでアニールせずともオーミック特性を示す。したがって、ここでは、Cr層312とAu薄膜層314の積層電極で一つのオーミック電極を形成している。

【0028】一方、Alは、GaAsと反応性が低く、常にショットキー電極となる金属である。したがって、p型GaAsコンタクト層上のCrの接する領域は、オーミック電極部となり面発光半導体レーザに電流を注入することが可能な領域となるが、反対にp型GaAsコンタクト層上のAlの接する領域はショットキー電極となるため、面発光半導体レーザに電流注入がされにくい領域となる。

【0029】また、重要なことは、本実施例の電極の面内方向の構造が、図1、2で示したように、面内2軸方向でショットキー電極の領域とオーミック電極の領域を異ならしめていることである。

【0030】製造方法は、有機金属気相成長法(Metalorganic Chemical Vapor Deposition: MOCVD)にて、Siドープ $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ のn型GaAs基板上にSeドープn型GaAsバッファ層を1 μm 、Siドープ $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ のn型Al_{0.1}Ga_{0.9}As層304と50nm厚のn型Al_{0.1}Ga_{0.9}As層305のペア層を36組積層した下部分布ブラッグ反射鏡(Distributed Bragg Reflector: DBR) 303が備えられている。これらの上部に100nmのアンドープAl_{0.3}Ga_{0.7}Asスペーサー層306と、10nm厚GaAs量子井戸活性層307とを介して、p型Al_{0.1}Ga_{0.9}As層308と50nm厚のp型Al_{0.1}Ga_{0.9}As層309のペア層を36組積層したp型DBR層310が配置されている。311は30nmのp型GaAsコンタクト層であり、該p型コンタクト層311の上部に矩形形状の開口部を有するクロム(Cr)の10nm薄膜層312と前記矩形開口部の内側に位置するような円形の開口形状を有するアルミ(Al)の100nm薄膜層313が備えられ、Cr層312とAl層313の間には、Al層313の円形開口部をふさがぬ形状で300nm厚の金(Au)薄膜層314が形成されている。315は層間絶縁膜である。

8

18 cm^{-3} のn型Al_{0.1}Ga_{0.9}As層304と50nm厚のn型Al_{0.1}Ga_{0.9}As層305のペア層を36組積層した下部分布ブラッグ反射鏡(Distributed Bragg Reflector: DBR)、100nmのアンドープAl_{0.3}Ga_{0.7}Asスペーサー層、10nm厚GaAs量子井戸活性層、100nmのアンドープAl_{0.3}Ga_{0.7}Asスペーサー層、ZnドープのAl_{0.1}Ga_{0.9}As層と50nm厚のp型Al_{0.1}Ga_{0.9}As層のペア層を36組積層したp型DBR層、30nmのZnドープp型GaAsコンタクト層を順次積層する。次に、フォトリソでオーミック電極の開口部形状を決めるリフトオフマスクを次のような工程により作製する。

【0031】MOCVD装置にて作製したVCSEL基板の上に、スピンコーターによりフォトリソを2 μm 厚に伸延させ、80℃10分ベイクングし、マスクアライナーにて所望のパターンを露光する。次に、モノクロロベンゼンに数十秒浸してレジスト表面を固化させたあと、レジスト現増液にて現像する。このような工程を経たレジストは上部に底を有する形状となり、リフトオフしやすくなる。前記レジストパターンを形成したVCSEL基板上にCrを10nm程度、Auを300nm程度、順次、抵抗加熱蒸着器にて蒸着した後、アセトンにて超音波洗浄を行うと、偏平形状の開口部を有するオーミック電極が形成される。

【0032】次に、上記オーミック電極形成時に用いた同じ方法にて、上記オーミック電極の偏平形状開口部内にリフトオフ用レジストを形成し、抵抗加熱蒸着器にてAlを100nm程度蒸着する。続いて、アセトンにて超音波洗浄を行うと、オーミック電極偏平開口部よりも小さな円形開口部を有するショットキー電極が、オーミック電極偏平開口部の内側に位置するように形成される。

【0033】次に、VCSELのポスト構造を硫酸系のWetエッチングあるいは塩素系ガスを用いたドライエッチングにて形成する。エッチングマスクには、一般的なフォトリソマスクを用いる。ポスト径は、10~20 μm 程度とする。

【0034】最後にVCSEL基板の裏面にAuとGeを主成分とするn側電極を抵抗加熱蒸着器にて形成し、400℃5分アニールすることでn側電極が形成され、デバイスが完成する。

【0035】オーミック電極金属材料として、この実施例1では、Au/Crを採用したが、Auと亜鉛(Zn)との合金(AuZn)、または、Crの代わりにチタン(Ti)を使用しAu/Ti電極としても、さらにプラチナ(Pt)を加えたAu/Pt/Ti電極としてもオーミック電極が形成できる。この場合、アニールによる合金化、即ちアロイ工程が必要となる。

【0036】また、ここではショットキー電極としてア

ルミニウム (Al) を用いているが、アロイ工程をいれない Au/Ti など使用することができる。

【0037】このように、オーミック電極とショットキー電極とをまったく異なる電極材料を用いて形成することができる。

【0038】さらに、この実施例では、ショットキー電極の開口部の形状を円形としたが、必ずしも円形ではなく、レーザ光の受け手側のシステムで要求するビーム形状に対応してショットキー電極の開口部の形状を決定することが可能である。

(実施例2) 実施例2では、オーミック電極領域とショットキー電極領域の作製方法が実施例1と異なる。図6は実施例2の面発光半導体レーザの電極部分を示す断面図である。ここでは電極材料として Au/Cr のみを用いており、オーミック領域は GaAs コンタクト層 603 上に Cr 602 と Au 601 を着膜して形成し、ショットキー領域は、あらかじめ GaAs コンタクト層 603 をエッチングにより除去して AlGaAs 半導体層 604 を露出させた面上に Au/Cr を着膜して形成した。GaAs コンタクト層 603 をエッチングする領域は、基板面内の直行する 2 軸方向で開口長さを異ならしめることにより、所定の偏平形状の開口部を形成しうる。Au/Cr 層は、キャリア濃度が 10^{19} cm^{-3} と高い GaAs 層 603 上に接する場合にはオーミック特性を示す電極となり、バンドギャップの大きな AlGaAs 半導体層 604 であって、且つ、キャリア濃度が 10^{18} cm^{-3} 台と低い本実施例の如き半導体層 604 に対しては、ショットキー特性を示す電極となる。このように、Au/Cr 層という、同一の電極材料を用いて、該 Au/Cr 層が隣接する層の構成を変化させることにより、オーミック特性を示す電極領域とショットキー特性を示す電極領域とを形成することができる。以上によりオーミック特性を示す電極領域と、ショットキー特性を示す電極領域とを異なる材料で形成した実施例1の面発光半導体レーザと同様の効果が現れる。

(実施例3) 実施例3においても、オーミック電極領域とショットキー電極領域の作製方法が実施例1と異なる。図7は実施例3の面発光半導体レーザの電極部分を示す断面図である。本実施例においては、電極材料として Au 層 701 と Cr 層 702 の積層構造体を用いる。前記 Au 層 701 と Cr 層 702 の積層構造体からなる電極と接する半導体コンタクト層 703 としては、あらかじめアンドープの半導体層を形成し、該半導体層のうちオーミック電極としたい領域にのみ、Zn 拡散でキャリア濃度を高めておく。ここで、Zn 拡散する半導体コンタクト層の領域 704 を扁平形状の開口部を除いた周辺部に限定することで、オーミック電極を扁平形状の開口部を有するものとすることができる。しかも、Zn 拡散していない領域、即ち、ショットキー電極の開口部 705 と、オーミック電極開口部 704 とに囲まれた領域

における Au 層 701 と Cr 層 702 の積層構造体部分 706 が、ショットキー電極領域となる。前記したように、Au 層 701 と Cr 層 702 の積層構造体という同一の電極材料を用いて、該電極と接する半導体コンタクト層 703 の所定の部分に Zn 拡散を行うことによってオーミック特性を示す電極領域を形成し、Zn 拡散を行わない部分がショットキー特性を示す電極領域となる。以上によりオーミック特性を示す電極領域と、ショットキー特性を示す電極領域とを異なる材料で形成した実施例1の面発光半導体レーザと同様の効果が現れる。

本実施例は前記実施例1で用いた層間絶縁膜 (図2 (B)、(C)における215) の無いタイプである。実施例1で示したように層間絶縁膜を入れるタイプがより好ましい。

【0039】

【発明の効果】本発明によれば、VCSEL内の電流分布を制御して偏光方向を安定化固定化する機能を有しつつ、レーザ光のNFPも自由に選択可能であり、さらに、高効率低しきい値であるVCSELが作製可能となる。これによれば、光伝送や光情報処理、あるいは、感光体ドラムに静電潜像を書き込む光源としての様々な仕様に耐えうる面発光型半導体レーザが実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の面発光型半導体レーザの電極部位の一態様を示す斜視図である。

【図2】 (A) は本発明のVCSELの電極部位の一態様を示す平面図であり、(B) 及び (C) はその断面図である。

【図3】 本発明の実施例1のVCSELの断面図である。

【図4】 (A) は扁平電極によって偏光方向を制御するVCSELの従来例を示す断面図であり、(B) はその平面図である。

【図5】 VCSEL単体の構造を示す断面図である。

【図6】 本発明の実施例2のVCSELの電極部位を示す断面図である。

【図7】 本発明の実施例3のVCSELの電極部位を示す断面図である。

【図8】 本発明のVCSELの電流光出力特性を示すグラフである。

【符号の説明】

- 101 コンタクト層
- 102 オーミック電極
- 103 ショットキー電極
- 104 オーミック電極開口部
- 105 ショットキー電極開口部
- 106 オーミック電極
- 107 ショットキー電極

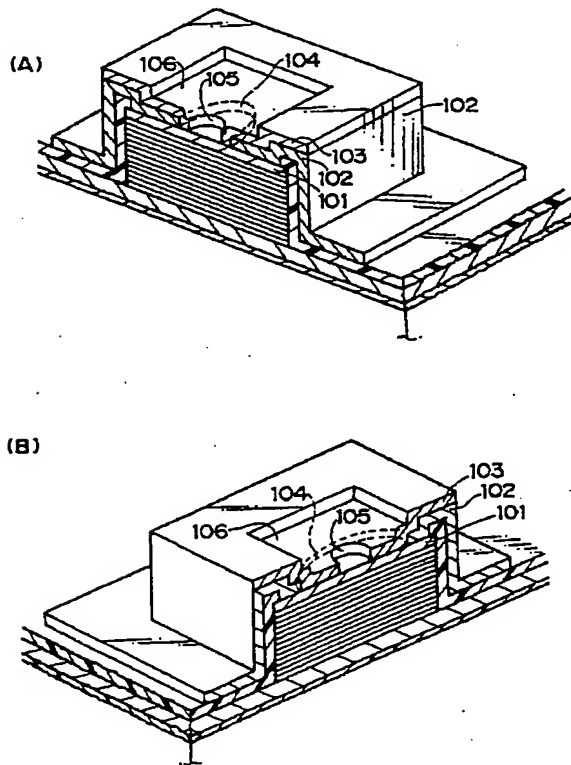
301 n型GaAs半導体基板

302 n型GaAsバッファ層

型GaAsバッファ層を1.0μm、S₁層を1.0μm、S₂層を1.0μm、S₃層を1.0μm、S₄層を1.0μm、S₅層を1.0μm、S₆層を1.0μm、S₇層を1.0μm、S₈層を1.0μm、S₉層を1.0μm、S₁₀層を1.0μm、S₁₁層を1.0μm、S₁₂層を1.0μm、S₁₃層を1.0μm、S₁₄層を1.0μm、S₁₅層を1.0μm、S₁₆層を1.0μm、S₁₇層を1.0μm、S₁₈層を1.0μm、S₁₉層を1.0μm、S₂₀層を1.0μm、S₂₁層を1.0μm、S₂₂層を1.0μm、S₂₃層を1.0μm、S₂₄層を1.0μm、S₂₅層を1.0μm、S₂₆層を1.0μm、S₂₇層を1.0μm、S₂₈層を1.0μm、S₂₉層を1.0μm、S₃₀層を1.0μm、S₃₁層を1.0μm、S₃₂層を1.0μm、S₃₃層を1.0μm、S₃₄層を1.0μm、S₃₅層を1.0μm、S₃₆層を1.0μm、S₃₇層を1.0μm、S₃₈層を1.0μm、S₃₉層を1.0μm、S₄₀層を1.0μm、S₄₁層を1.0μm、S₄₂層を1.0μm、S₄₃層を1.0μm、S₄₄層を1.0μm、S₄₅層を1.0μm、S₄₆層を1.0μm、S₄₇層を1.0μm、S₄₈層を1.0μm、S₄₉層を1.0μm、S₅₀層を1.0μm、S₅₁層を1.0μm、S₅₂層を1.0μm、S₅₃層を1.0μm、S₅₄層を1.0μm、S₅₅層を1.0μm、S₅₆層を1.0μm、S₅₇層を1.0μm、S₅₈層を1.0μm、S₅₉層を1.0μm、S₆₀層を1.0μm、S₆₁層を1.0μm、S₆₂層を1.0μm、S₆₃層を1.0μm、S₆₄層を1.0μm、S₆₅層を1.0μm、S₆₆層を1.0μm、S₆₇層を1.0μm、S₆₈層を1.0μm、S₆₉層を1.0μm、S₇₀層を1.0μm、S₇₁層を1.0μm、S₇₂層を1.0μm、S₇₃層を1.0μm、S₇₄層を1.0μm、S₇₅層を1.0μm、S₇₆層を1.0μm、S₇₇層を1.0μm、S₇₈層を1.0μm、S₇₉層を1.0μm、S₈₀層を1.0μm、S₈₁層を1.0μm、S₈₂層を1.0μm、S₈₃層を1.0μm、S₈₄層を1.0μm、S₈₅層を1.0μm、S₈₆層を1.0μm、S₈₇層を1.0μm、S₈₈層を1.0μm、S₈₉層を1.0μm、S₉₀層を1.0μm、S₉₁層を1.0μm、S₉₂層を1.0μm、S₉₃層を1.0μm、S₉₄層を1.0μm、S₉₅層を1.0μm、S₉₆層を1.0μm、S₉₇層を1.0μm、S₉₈層を1.0μm、S₉₉層を1.0μm、S₁₀₀層を1.0μm、S₁₀₁層を1.0μm、S₁₀₂層を1.0μm、S₁₀₃層を1.0μm、S₁₀₄層を1.0μm、S₁₀₅層を1.0μm、S₁₀₆層を1.0μm、S₁₀₇層を1.0μm、S₁₀₈層を1.0μm、S₁₀₉層を1.0μm、S₁₁₀層を1.0μm、S₁₁₁層を1.0μm、S₁₁₂層を1.0μm、S₁₁₃層を1.0μm、S₁₁₄層を1.0μm、S₁₁₅層を1.0μm、S₁₁₆層を1.0μm、S₁₁₇層を1.0μm、S₁₁₈層を1.0μm、S₁₁₉層を1.0μm、S₁₂₀層を1.0μm、S₁₂₁層を1.0μm、S₁₂₂層を1.0μm、S₁₂₃層を1.0μm、S₁₂₄層を1.0μm、S₁₂₅層を1.0μm、S₁₂₆層を1.0μm、S₁₂₇層を1.0μm、S₁₂₈層を1.0μm、S₁₂₉層を1.0μm、S₁₃₀層を1.0μm、S₁₃₁層を1.0μm、S₁₃₂層を1.0μm、S₁₃₃層を1.0μm、S₁₃₄層を1.0μm、S₁₃₅層を1.0μm、S₁₃₆層を1.0μm、S₁₃₇層を1.0μm、S₁₃₈層を1.0μm、S₁₃₉層を1.0μm、S₁₄₀層を1.0μm、S₁₄₁層を1.0μm、S₁₄₂層を1.0μm、S₁₄₃層を1.0μm、S₁₄₄層を1.0μm、S₁₄₅層を1.0μm、S₁₄₆層を1.0μm、S₁₄₇層を1.0μm、S₁₄₈層を1.0μm、S₁₄₉層を1.0μm、S₁₅₀層を1.0μm、S₁₅₁層を1.0μm、S₁₅₂層を1.0μm、S₁₅₃層を1.0μm、S₁₅₄層を1.0μm、S₁₅₅層を1.0μm、S₁₅₆層を1.0μm、S₁₅₇層を1.0μm、S₁₅₈層を1.0μm、S₁₅₉層を1.0μm、S₁₆₀層を1.0μm、S₁₆₁層を1.0μm、S₁₆₂層を1.0μm、S₁₆₃層を1.0μm、S₁₆₄層を1.0μm、S₁₆₅層を1.0μm、S₁₆₆層を1.0μm、S₁₆₇層を1.0μm、S₁₆₈層を1.0μm、S₁₆₉層を1.0μm、S₁₇₀層を1.0μm、S₁₇₁層を1.0μm、S₁₇₂層を1.0μm、S₁₇₃層を1.0μm、S₁₇₄層を1.0μm、S₁₇₅層を1.0μm、S₁₇₆層を1.0μm、S₁₇₇層を1.0μm、S₁₇₈層を1.0μm、S₁₇₉層を1.0μm、S₁₈₀層を1.0μm、S₁₈₁層を1.0μm、S₁₈₂層を1.0μm、S₁₈₃層を1.0μm、S₁₈₄層を1.0μm、S₁₈₅層を1.0μm、S₁₈₆層を1.0μm、S₁₈₇層を1.0μm、S₁₈₈層を1.0μm、S₁₈₉層を1.0μm、S₁₉₀層を1.0μm、S₁₉₁層を1.0μm、S₁₉₂層を1.0μm、S₁₉₃層を1.0μm、S₁₉₄層を1.0μm、S₁₉₅層を1.0μm、S₁₉₆層を1.0μm、S₁₉₇層を1.0μm、S₁₉₈層を1.0μm、S₁₉₉層を1.0μm、S₂₀₀層を1.0μm、S₂₀₁層を1.0μm、S₂₀₂層を1.0μm、S₂₀₃層を1.0μm、S₂₀₄層を1.0μm、S₂₀₅層を1.0μm、S₂₀₆層を1.0μm、S₂₀₇層を1.0μm、S₂₀₈層を1.0μm、S₂₀₉層を1.0μm、S₂₁₀層を1.0μm、S₂₁₁層を1.0μm、S₂₁₂層を1.0μm、S₂₁₃層を1.0μm、S₂₁₄層を1.0μm、S₂₁₅層を1.0μm、S₂₁₆層を1.0μm、S₂₁₇層を1.0μm、S₂₁₈層を1.0μm、S₂₁₉層を1.0μm、S₂₂₀層を1.0μm、S₂₂₁層を1.0μm、S₂₂₂層を1.0μm、S₂₂₃層を1.0μm、S₂₂₄層を1.0μm、S₂₂₅層を1.0μm、S₂₂₆層を1.0μm、S₂₂₇層を1.0μm、S₂₂₈層を1.0μm、S₂₂₉層を1.0μm、S₂₃₀層を1.0μm、S₂₃₁層を1.0μm、S₂₃₂層を1.0μm、S₂₃₃層を1.0μm、S₂₃₄層を1.0μm、S₂₃₅層を1.0μm、S₂₃₆層を1.0μm、S₂₃₇層を1.0μm、S₂₃₈層を1.0μm、S₂₃₉層を1.0μm、S₂₄₀層を1.0μm、S₂₄₁層を1.0μm、S₂₄₂層を1.0μm、S₂₄₃層を1.0μm、S₂₄₄層を1.0μm、S₂₄₅層を1.0μm、S₂₄₆層を1.0μm、S₂₄₇層を1.0μm、S₂₄₈層を1.0μm、S₂₄₉層を1.0μm、S₂₅₀層を1.0μm、S₂₅₁層を1.0μm、S₂₅₂層を1.0μm、S₂₅₃層を1.0μm、S₂₅₄層を1.0μm、S₂₅₅層を1.0μm、S₂₅₆層を1.0μm、S₂₅₇層を1.0μm、S₂₅₈層を1.0μm、S₂₅₉層を1.0μm、S₂₆₀層を1.0μm、S₂₆₁層を1.0μm、S₂₆₂層を1.0μm、S₂₆₃層を1.0μm、S₂₆₄層を1.0μm、S₂₆₅層を1.0μm、S₂₆₆層を1.0μm、S₂₆₇層を1.0μm、S₂₆₈層を1.0μm、S₂₆₉層を1.0μm、S₂₇₀層を1.0μm、S₂₇₁層を1.0μm、S₂₇₂層を1.0μm、S₂₇₃層を1.0μm、S₂₇₄層を1.0μm、S₂₇₅層を1.0μm、S₂₇₆層を1.0μm、S₂₇₇層を1.0μm、S₂₇₈層を1.0μm、S₂₇₉層を1.0μm、S₂₈₀層を1.0μm、S₂₈₁層を1.0μm、S₂₈₂層を1.0μm、S₂₈₃層を1.0μm、S₂₈₄層を1.0μm、S₂₈₅層を1.0μm、S₂₈₆層を1.0μm、S₂₈₇層を1.0μm、S₂₈₈層を1.0μm、S₂₈₉層を1.0μm、S₂₉₀層を1.0μm、S₂₉₁層を1.0μm、S₂₉₂層を1.0μm、S₂₉₃層を1.0μm、S₂₉₄層を1.0μm、S₂₉₅層を1.0μm、S₂₉₆層を1.0μm、S₂₉₇層を1.0μm、S₂₉₈層を1.0μm、S₂₉₉層を1.0μm、S₃₀₀層を1.0μm、S₃₀₁層を1.0μm、S₃₀₂層を1.0μm、S₃₀₃層を1.0μm、S₃₀₄層を1.0μm、S₃₀₅層を1.0μm、S₃₀₆層を1.0μm、S₃₀₇層を1.0μm、S₃₀₈層を1.0μm、S₃₀₉層を1.0μm、S₃₁₀層を1.0μm、S₃₁₁層を1.0μm、S₃₁₂層を1.0μm、S₃₁₃層を1.0μm、S₃₁₄層を1.0μm、S₃₁₅層を1.0μm、S₃₁₆層を1.0μm、S₃₁₇層を1.0μm、S₃₁₈層を1.0μm、S₃₁₉層を1.0μm、S₃₂₀層を1.0μm、S₃₂₁層を1.0μm、S₃₂₂層を1.0μm、S₃₂₃層を1.0μm、S₃₂₄層を1.0μm、S₃₂₅層を1.0μm、S₃₂₆層を1.0μm、S₃₂₇層を1.0μm、S₃₂₈層を1.0μm、S₃₂₉層を1.0μm、S₃₃₀層を1.0μm、S₃₃₁層を1.0μm、S₃₃₂層を1.0μm、S₃₃₃層を1.0μm、S₃₃₄層を1.0μm、S₃₃₅層を1.0μm、S₃₃₆層を1.0μm、S₃₃₇層を1.0μm、S₃₃₈層を1.0μm、S₃₃₉層を1.0μm、S₃₄₀層を1.0μm、S₃₄₁層を1.0μm、S₃₄₂層を1.0μm、S₃₄₃層を1.0μm、S₃₄₄層を1.0μm、S₃₄₅層を1.0μm、S₃₄₆層を1.0μm、S₃₄₇層を1.0μm、S₃₄₈層を1.0μm、S₃₄₉層を1.0μm、S₃₅₀層を1.0μm、S₃₅₁層を1.0μm、S₃₅₂層を1.0μm、S₃₅₃層を1.0μm、S₃₅₄層を1.0μm、S₃₅₅層を1.0μm、S₃₅₆層を1.0μm、S₃₅₇層を1.0μm、S₃₅₈層を1.0μm、S₃₅₉層を1.0μm、S₃₆₀層を1.0μm、S₃₆₁層を1.0μm、S₃₆₂層を1.0μm、S₃₆₃層を1.0μm、S₃₆₄層を1.0μm、S₃₆₅層を1.0μm、S₃₆₆層を1.0μm、S₃₆₇層を1.0μm、S₃₆₈層を1.0μm、S₃₆₉層を1.0μm、S₃₇₀層を1.0μm、S₃₇₁層を1.0μm、S₃₇₂層を1.0μm、S₃₇₃層を1.0μm、S₃₇₄層を1.0μm、S₃₇₅層を1.0μm、S₃₇₆層を1.0μm、S₃₇₇層を1.0μm、S₃₇₈層を1.0μm、S₃₇₉層を1.0μm、S₃₈₀層を1.0μm、S₃₈₁層を1.0μm、S₃₈₂層を1.0μm、S₃₈₃層を1.0μm、S₃₈₄層を1.0μm、S₃₈₅層を1.0μm、S₃₈₆層を1.0μm、S₃₈₇層を1.0μm、S₃₈₈層を1.0μm、S₃₈₉層を1.0μm、S₃₉₀層を1.0μm、S₃₉₁層を1.0μm、S₃₉₂層を1.0μm、S₃₉₃層を1.0μm、S₃₉₄層を1.0μm、S₃₉₅層を1.0μm、S₃₉₆層を1.0μm、S₃₉₇層を1.0μm、S₃₉₈層を1.0μm、S₃₉₉層を1.0μm、S₄₀₀層を1.0μm、S₄₀₁層を1.0μm、S₄₀₂層を1.0μm、S₄₀₃層を1.0μm、S₄₀₄層を1.0μm、S₄₀₅層を1.0μm、S₄₀₆層を1.0μm、S₄₀₇層を1.0μm、S₄₀₈層を1.0μm、S₄₀₉層を1.0μm、S₄₁₀層を1.0μm、S₄₁₁層を1.0μm、S₄₁₂層を1.0μm、S₄₁₃層を1.0μm、S₄₁₄層を1.0μm、S₄₁₅層を1.0μm、S₄₁₆層を1.0μm、S₄₁₇層を1.0μm、S₄₁₈層を1.0μm、S₄₁₉層を1.0μm、S₄₂₀層を1.0μm、S₄₂₁層を1.0μm、S₄₂₂層を1.0μm、S₄₂₃層を1.0μm、S₄₂₄層を1.0μm、S₄₂₅層を1.0μm、S₄₂₆層を1.0μm、S₄₂₇層を1.0μm、S₄₂₈層を1.0μm、S₄₂₉層を1.0μm、S₄₃₀層を1.0μm、S₄₃₁層を1.0μm、S₄₃₂層を1.0μm、S₄₃₃層を1.0μm、S₄₃₄層を1.0μm、S₄₃₅層を1.0μm、S₄₃₆層を1.0μm、S₄₃₇層を1.0μm、S₄₃₈層を1.0μm、S₄₃₉層を1.0μm、S₄₄₀層を1.0μm、S₄₄₁層を1.0μm、S₄₄₂層を1.0μm、S₄₄₃層を1.0μm、S₄₄₄層を1.0μm、S₄₄₅層を1.0μm、S₄₄₆層を1.0μm、S₄₄₇層を1.0μm、S₄₄₈層を1.0μm、S₄₄₉層を1.0μm、S₄₅₀層を1.0μm、S₄₅₁層を1.0μm、S₄₅₂層を1.0μm、S₄₅₃層を1.0μm、S₄₅₄層を1.0μm、S₄₅₅層を1.0μm、S₄₅₆層を1.0μm、S₄₅₇層を1.0μm、S₄₅₈層を1.0μm、S₄₅₉層を1.0μm、S₄₆₀層を1.0μm、S₄₆₁層を1.0μm、S₄₆₂層を1.0μm、S₄₆₃層を1.0μm、S₄₆₄層を1.0μm、S₄₆₅層を1.0μm、S₄₆₆層を1.0μm、S₄₆₇層を1.0μm、S₄₆₈層を1.0μm、S₄₆₉層を1.0μm、S₄₇₀層を1.0μm、S₄₇₁層を1.0μm、S₄₇₂層を1.0μm、S₄₇₃層を1.0μm、S₄₇₄層を1.0μm、S₄₇₅層を1.0μm、S₄₇₆層を1.0μm、S₄₇₇層を1.0μm、S₄₇₈層を1.0μm、S₄₇₉層を1.0μm、S₄₈₀層を1.0μm、S₄₈₁層を1.0μm、S₄₈₂層を1.0μm、S₄₈₃層を1.0μm、S₄₈₄層を1.0μm、S₄₈₅層を1.0μm、S₄₈₆層を1.0μm、S₄₈₇層を1.0μm、S₄₈₈層を1.0μm、S₄₈₉層を1.0μm、S₄₉₀層を1.0μm、S₄₉₁層を1.0μm、S₄₉₂層を1.0μm、S₄₉₃層を1.0μm、S₄₉₄層を1.0μm、S₄₉₅層を1.0μm、S₄₉₆層を1.0μm、S₄₉₇層を1.0μm、S₄₉₈層を1.0μm、S₄₉₉層を1.0μm、S₅₀₀層を1.0μm、S₅₀₁層を1.0μm、S₅₀₂層を1.0μm、S₅₀₃層を1.0μm、S₅₀₄層を1.0μm、S₅₀₅層を1.0μm、S₅₀₆層を1.0μm、S₅₀₇層を1.0μm、S₅₀₈層を1.0μm、S₅₀₉層を1.0μm、S₅₁₀層を1.0μm、S₅₁₁層を1.0μm、S₅₁₂層を1.0μm、S₅₁₃層を1.0μm、S₅₁₄層を1.0μm、S₅₁₅層を1.0μm、S₅₁₆層を1.0μm、S₅₁₇層を1.0μm、S₅₁₈層を1.0μm、S₅₁₉層を1.0μm、S₅₂₀層を1.0μm、S₅₂₁層を1.0μm、S₅₂₂層を1.0μm、S₅₂₃層を1.0μm、S₅₂₄層を1.0μm、S₅₂₅層を1.0μm、S₅₂₆層を1.0μm、S₅₂₇層を1.0μm、S₅₂₈層を1.0μm、S₅₂₉層を1.0μm、S₅₃₀層を1.0μm、S₅₃₁層を1.0μm、S₅₃₂層を1.0μm、S₅₃₃層を1.0μm、S₅₃₄層を1.0μm、S₅₃₅層を1.0μm、S₅₃₆層を1.0μm、S₅₃₇層を1.0μm、S₅₃₈層を1.0μm、S₅₃₉層を1.0μm、S₅₄₀層を1.0μm、S₅₄₁層を1.0μm、S₅₄₂層を1.0μm、S₅₄₃層を1.0μm、S₅₄₄層を1.0μm、S₅₄₅層を1.0μm、S₅₄₆層を1.0μm、S₅₄₇層を1.0μm、S₅₄₈層を1.0μm、S₅₄₉層を1.0μm、S₅₅₀層を1.0μm、S₅₅₁層を1.0μm、S₅₅₂層を1.0μm、S₅₅₃層を1.0μm、S₅₅₄層を1.0μm、S₅₅₅層

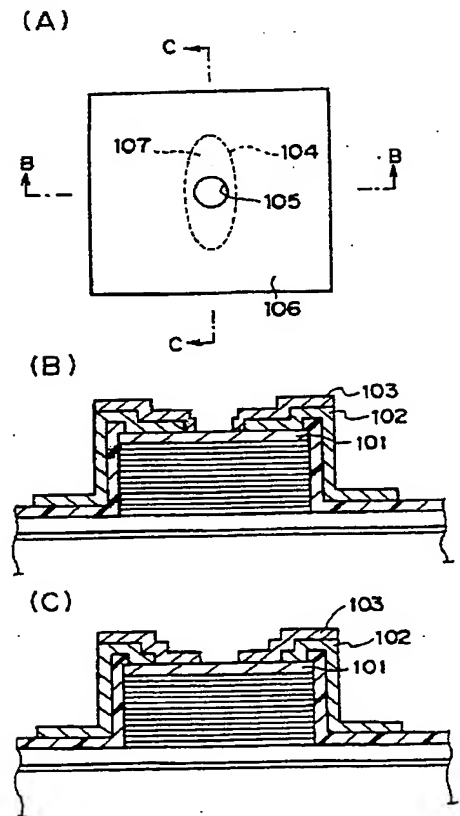
- 303 下部分布ブラッグ反射鏡 (Distributed Bragg Reflector: DBR)
 304 n型Al_{0.1}Ga_{0.9}As層
 305 n型Al_{0.9}Ga_{0.1}As層
 306 アンダーブAl_{0.3}Ga_{0.7}Asスペーサー層
 307 GaAs量子井戸活性層
 308 p型Al_{0.1}Ga_{0.9}As層
 309 p型Al_{0.9}Ga_{0.1}As層
 310 p型DBR層
 311 p型コンタクト層
 312 クロム (Cr) の10nm薄膜層
 313 アルミ (Al) の100nm薄膜層
 314 金 (Au) 薄膜層
 315 層間絶縁膜
 402 電極開口部を有するオーミック電極
 403 上部DBR層内での電流分布
 404 キャリアのない領域
 405 オーミック電極開口部の大きさ
 406 AB方向での電流密度が疎な領域
 407 AB方向と垂直な面内の方向で電流密度が疎な領域

【図1】

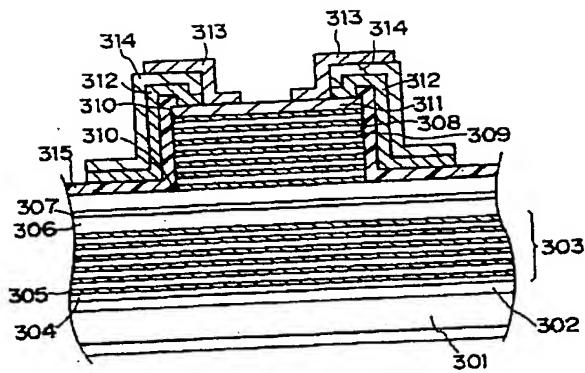


- 501 半導体基板
 502 共振器
 503 活性層
 504 半導体多層膜による上部反射ミラー (上部DBRミラー)
 505 下部反射ミラー (下部DBRミラー)
 506 スペーサー層
 507 上部コンタクト層
 508 上部電極
 509 下部電極
 510 層間絶縁膜
 511 レーザの出射口
 601 Au薄膜層
 602 Cr薄膜層
 603 コンタクト層
 604 AlGaAs半導体層
 701 Au薄膜層
 702 Cr薄膜層
 703 コンタクト層
 704 Zn拡散する半導体コンタクト層の領域
 705 Zn拡散していない領域
 706 ショットキー電極領域

【図2】

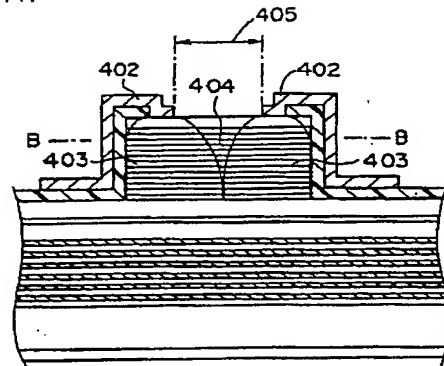


【図3】

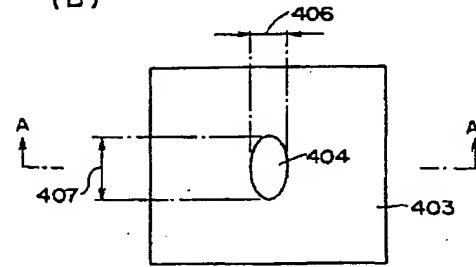


【図4】

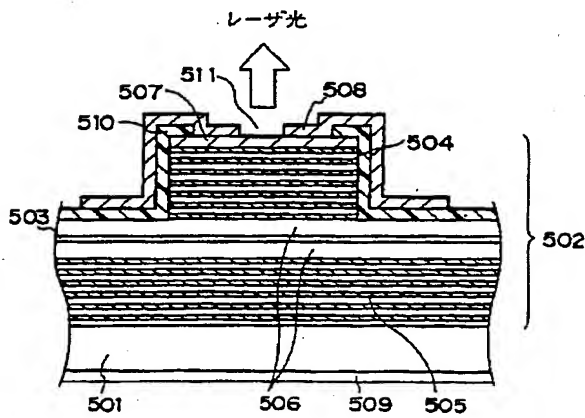
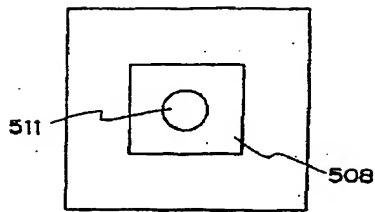
(A)



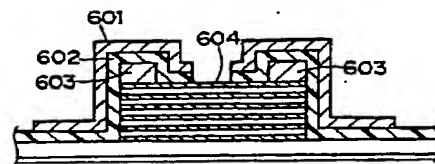
(B)



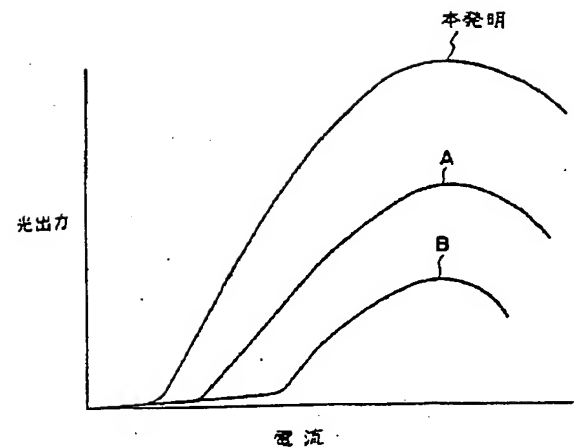
【図5】



【図6】



【図8】



【図 7】

